

УДК 616.728.2-021.4-002.4-073.7-071.3:616.718.16

А. Е. Лоскутов, д-р мед. наук, А. Е. Олейник, д-р мед. наук,  
А. В. Алтанец, Е. А. Ковбаса

*ГУ «Днепропетровская медицинская академия МОЗ Украины»*

## ТРАБЕКУЛЯРНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НАДВЕРТЛУЖНОЙ ЗОНЫ ТАЗА

Проведен сравнительный рентгеноморфометрический анализ формирования деформации вертлужной впадины при асептическом некрозе головки бедренной кости (АНГБК) на основании изучения рентгенограмм 339 тазобедренных суставов больных. Установленные закономерности формирования деформаций трабекулярной системы вертлужной впадины и изменения структуры костной ткани при развитии асептического некроза головки бедренной кости необходимо использовать при постановке задач математического моделирования вертлужной впадины и надвертлужной зоны для исследования поведения разных типов вертлужного компонента эндопротеза тазобедренного сустава.

**Ключевые слова:** математическое моделирование, асептический некроз головки бедренной кости, рентгеноморфометрия, вертлужная впадина, надвертлужная область.

**Введение.** Математическое моделирование биомеханических процессов является основой современного подхода к разработке новых технологий лечения в ортопедии и травматологии. Для правильного построения математической модели необходимы как знание механических свойств костной ткани, так и представление о пространственно-трабекулярном строении исследуемой зоны. Тазовая кость, в общем, и вертлужная впадина, в частности, как объект исследований в ортопедии и травматологии представляют особый интерес для ортопедов, поскольку заболевания тазобедренного сустава имеют большой удельный вес в структуре заболеваемости. Одним из актуальных направлений разработки новых технологий лечения в ортопедии является проблема асептического некроза головки бедренной кости (АНГБК), так как данное заболевание имеет высокую социальную значимость из-за длительной нетрудоспособности и высокого удельного веса инвалидности данной категории пациентов [3; 8; 10].

Кратковременный эффект реконструктивно-восстановительных операций при этой патологии и высокий уровень инвалидности у пациентов молодого возраста привел к поиску альтернативных и более эффективных методов лечения, к которым сегодня относится эндопротезирование тазобедренного сустава [11; 12]. Однако, несмотря на успехи эндопротезирования, в силу омоложения контингента больных и их физической активности отмечается достаточно высокий уровень осложнений, связанных преимущественно с развитием нестабильности вертлужного компонента эндопротеза [9; 13; 14]. Это обусловлено недостаточным уровнем знаний и недооценкой структурно-морфологических и биомеханических изменений вертлужной впадины, которые влияют как на прочность первичной фиксации эндопротеза, так и на долговечность его эксплуатации.

Следует отметить, что общая тенденция формирования трабекулярно-пространственных деформаций вертлужной впадины при АНГБК не изучена. Все исследования клиники и течения АНГБК концентрируются вокруг анатомических и морфологических изменений головки бедренной кости [4]. При этом описание изменений вертлужной впадины не проводится, хотя с позиции эндопротезирования обеспечение длительной стабильности вертлужного компонента эндопротеза лежит в плоскости этих вопросов. Именно изменения вертлужной впадины и надвертлуж-

ной зоны, отличные от нормы, определяют выбор типа конструкции и технику имплантации вертлужного компонента эндопротеза. Соответствие формы конструкции вертлужного компонента подчинено достижению максимальной площади контакта между имплантатом и костным ложе. Уменьшение площади контакта является одной из причин асептической нестабильности компонентов эндопротеза и, в частности, вертлужной впадины [4].

Отметим, что при изучении литературных источников мы не нашли работ, направленных на изучение особенностей формирования деформации вертлужной впадины при АНГБК или описывающих характер изменения трабекулярных структур при этой патологии.

Цель работы состояла в изучении трабекулярно-механических параметров надвертлужной зоны таза, проведении сравнительного рентгеноморфометрического анализа формирования трабекулярных деформаций вертлужной впадины при АНГБК.

**Материалы и методы.** Для изучения рентгеноморфометрических характеристик вертлужной впадины был проведен ретроспективный анализ рентгенограмм 251 больного с II-IV ст. АНГБК, из них патология отмечена у 193 (76,9%) мужчин и 58 (23,1%) женщин.

Средний возраст пациентов составил  $49,6 \pm 11,4$  лет, и варьировал от 20 до 78 лет, в том числе  $47,95 \pm 10,8$  лет у мужчин и  $55 \pm 11,6$  лет у женщин. Односторонний процесс отмечен у 163 пациентов, двусторонний – в 88 случаях. (табл. 1).

**Таблица 1**

Распределение пациентов в зависимости от стадии АНГБК  
и количества пораженных суставов

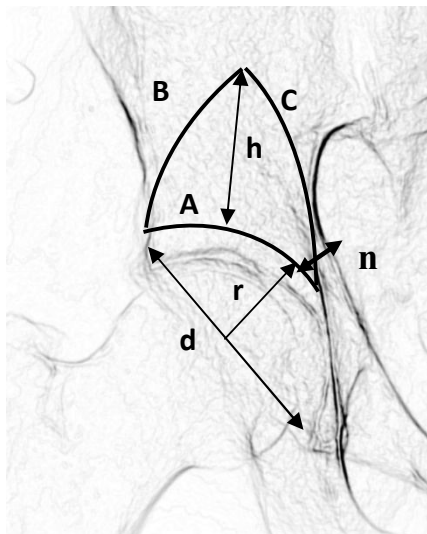
Пол	Односторонний АНГБК, IIст.	Двусторонний АНГБК, IIст.	Двусторонний АНГБК, с одной стороны IIст., с другой - IIIст.	Односторонний АНГБК, IIIст.	Двусторонний АНГБК, IIIст.	Двусторонний АНГБК, с одной стороны IIIст., с другой - IVст.	Односторонний АНГБК, IVст.	Двусторонний АНГБК, IVст.	Всего, (%)
Мужчины	6 (2,39%)	2 (0,8%)	4 (1,59%)	38 (15,14%)	24 (9,56%)	10 (3,98%)	71 (28,29%)	38 (15,14%)	193 (76,89%)
Женщины	4 (1,59%)			8 (3,19%)	1 (0,4%)	6 (2,39%)	36 (14,34%)	3 (1,2%)	58 (23,11%)
Итого, (%)	10 (3,98%)	2 (0,8%)	4 (1,59%)	46 (18,33%)	25 (9,96%)	16 (6,37%)	107 (42,63%)	41 (16,33%)	251 (100%)

Как видно из табл. 1 у большинства больных (93,6%) отмечена III-IV ст. заболевания. Отобранная для ретроспективного анализа группа соответствовала демографическим и гендерным критериям характерным для эпидемиологии АНГБК.

Рентгеноморфометрическая оценка состояния вертлужной впадины выполнялась по рентгенограммам тазобедренных суставов, выполненным в прямой (передне-задней) проекции. Рентгенограммы выполнялись с маркером для оценки степени рентгеновского искажения, которое учитывалось при проведении антропометриче-

ских исследований. Оценка состояния вертлужной впадины у больных с АНГБК основана на анализе рентгенограмм 339 пораженных тазобедренных суставов. Данные рентгенограммы разделили на 3 группы в зависимости от стадии развития АНГБК: II стадия – 18 рентгенограмм; III стадия – 116 рентгенограмм; IV стадия – 205 рентгенограмм.

При анализе состояния вертлужной впадины определялись такие показатели:  $\alpha$  – коэффициент сферичности вертлужной впадины [1; 4] ( $\alpha = r/d$ , где  $r$  – глубина вертлужной впадины,  $d$  – диаметр вертлужной впадины);  $\beta$  – коэффициент пропорциональности ( $\beta = n/r$ , где  $n$  – толщина дна вертлужной впадины), характеризующий степень протрузионных изменений вертлужной впадины;  $\gamma$  – коэффициент соответствия ( $\gamma = h/r$ , где  $h$  – высота «шапки Наполеона»), характеризующий способность надвертлужной зоны воспринимать нагрузку. Кроме того, определяли наличие основных трабекулярных структур надвертлужной области (A, B, C) [8] (рис. 1).



**Рис. 1. Основные морфометрические параметры вертлужной впадины и надвертлужной зоны**

**Результаты и их обсуждение.** При исследовании тазобедренных суставов пациентов с АНГБК нами были изучены параметры, объективно отражающие процесс деструкции вертлужной впадины при различных стадиях АНГБК (табл. 2).

**Таблица 2**

Распределение показателей, характеризующих вертлужную впадину и надвертлужную область, по стадиям АНГБК

Стадия АНГБК	Параметры вертлужной впадины						
	d, мм	r, мм	n, мм	h, мм	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$
Контрольная группа (норма)	53,1 ± 4,9	26,3 ± 2,5	11,5 ± 3,55	26,3 ± 3,45	0,5 ± 0,03	0,44 ± 0,1	1,0 ± 0,11
II	55,1 ± 4,9	25,9 ± 4,2	13,6 ± 2,84	25,4 ± 2,7	0,47 ± 0,06	0,54 ± 0,14	1,0 ± 0,17
III	53,9 ± 5,5	25,5 ± 3,2	12,1 ± 3,48	26,6 ± 3,1	0,47 ± 0,04	0,48 ± 0,13	1,05 ± 0,14
IV	55,8 ± 7,5	25,2 ± 3,8	11,2 ± 3,98	22,9 ± 4,6	0,45 ± 0,06	0,45 ± 0,16	0,92 ± 0,2

Анализ полученных данных показывает, что при II и III стадиях АНГБК, когда преобладают лишь процессы деструкции головки бедренной кости, параметры, характеризующие форму вертлужной впадины, являются близкими по величине к нормальным ( $p < 0,05$ ). То есть вертлужная впадина при данных стадиях развития АНГБК сохраняет свою сферичность. При IV стадии отмечается снижение среднего показателя коэффициента «сферичности» на 10% от нормы ( $p < 0,05$ ), что свидетельствует о деструктивных процессах, происходящих в самой вертлужной впадине. При этом, процесс разрушения вертлужной впадины при АНГБК протекает по-разному. В 18% случаев наблюдалось разрушение верхних отделов вертлужной впадины, что приводило к увеличению размера входа в нее, при сохранении ее глубины. При этом отмечено нарушение сферичности вертлужной впадины - она приобретает блюдцеобразную и овальную форму, и коэффициент сферичности  $\alpha$  становится ниже нормальных показателей ( $\alpha < 0,4$ ) ( $p < 0,05$ ). В 16,4 % случаев при относительном сохранении размера входа вертлужной впадины отмечаются протрузионные изменения дна, и, соответственно, увеличение глубины впадины. В таких случаях впадина становится более вогнутой, а коэффициент сферичности превышает «нормальные» показатели ( $\alpha > 0,5$ ) ( $p < 0,05$ ). В 7,8 % случаев, наряду с разрушением верхних отделов и, соответственно, увеличением размера диаметра впадины, происходят протрузионные изменения дна, то есть увеличивается также и глубина вертлужной впадины. При одностороннем АНГБК для исключения ошибок, связанных с рентгенологическим искажением истинных размеров, сравнительную оценку обоих суставов необходимо проводить по обзорной рентгенограмме таза. При двустороннем процессе, когда тазобедренные суставы поражены в разной степени (например, с одной стороны III, с другой IV стадия) об исходных параметрах вертлужной впадины конкретного пациента можно судить по суставу с меньшей степенью деструкции.

По данным, полученным при рентгеноморфометрической оценке дна вертлужной впадины, определяется тенденция к постепенному уменьшению как абсолютной ( $n$ ), так и относительной ( $\beta$ ) величин от более легкой к более тяжелой стадии АНГБК. Данная тенденция ярко выражена в подгруппе мужчин, где средние показатели толщины дна вертлужной впадины постепенно снижаются от  $14,32 \pm 2,48$  мм во II стадии до  $11,8 \pm 3,9$  мм в IV стадии. Соответственно снижается и коэффициент пропорциональности  $\beta$  от  $0,56 \pm 0,15$  во II стадии до  $0,48 \pm 0,16$  в IV стадии. В подгруппе женщин наблюдается аналогичная тенденция, однако все усредненные показатели были ниже, чем аналогичные показатели у мужчин. При этом даже при IV стадии АНГБК средние показатели у мужчин находятся в пределах нормы, характерных для здорового тазобедренного сустава, в то время как у женщин показатели ниже, чем аналогичные для здорового тазобедренного сустава, что можно объяснить изменением прочности кости, связанным с постменопаузальной остеопенией и остеопорозом (рис. 2).

Величина показателей, объективно характеризующих состояние «шапки Наполеона» у пациентов с II и III стадией АНГБК не отличаются от таковых для здоровых суставов. Следовательно, состояние костной ткани надвертлужной области пораженного АНГБК сустава в случаях, когда процесс еще не затрагивает непосредственно вертлужную впадину, остается близким по своим характеристикам к здоровой кости, и она способна адекватно воспринимать нагрузку. При исследовании надвертлужной области в группе пациентов с IV стадией АНГБК выявлено снижение объективных параметров – высоты «шапки Наполеона» ( $h$ ) и отношения вы-

соты к глубине вертлужной впадины (коэффициента соответствия). Данный факт свидетельствует, что процессы деструкции при IV стадии затрагивают и трабекулярные структуры надвертлужной области. Вследствие изменения величины и направления векторов нагрузки от деформированной головки бедренной кости происходит реструктуризация трабекулярных структур надвертлужной зоны, как объекта, воспринимающего и распределяющего нагружение на тазовую кость. В здоровом тазобедренном суставе этот вектор и глубина вертлужной впадины соответствуют друг другу. При II и III стадиях АНГБК вертлужная впадина остается рентгенологически интактной и величина ее глубины ( $r$ ) не изменяется. При этом с приближением коллапса головки уменьшается передача напряжения и, соответственно, высота «шапки» ( $h$ ). В IV стадии АНГБК, когда наблюдается деструкция вертлужной впадины, лишь в отдельных случаях отмечаются протрузионные изменения со стороны дна, следовательно, параметр глубины впадины имеет тенденцию к увеличению. При расчете коэффициента соответствия  $\gamma$  учитываются пропорционально изменяющийся параметр высоты  $h$  (отражает нарушение биомеханики функционирования пораженного сустава) и относительно стабильный параметр глубины впадины ( $r$ ). Соответственно, коэффициент  $\gamma$  является объективным показателем, отражающим нарушения биомеханики функционирования пораженного тазобедренного сустава, а высота «шапки Наполеона» характеризует способность надвертлужной зоны воспринимать нагрузку.

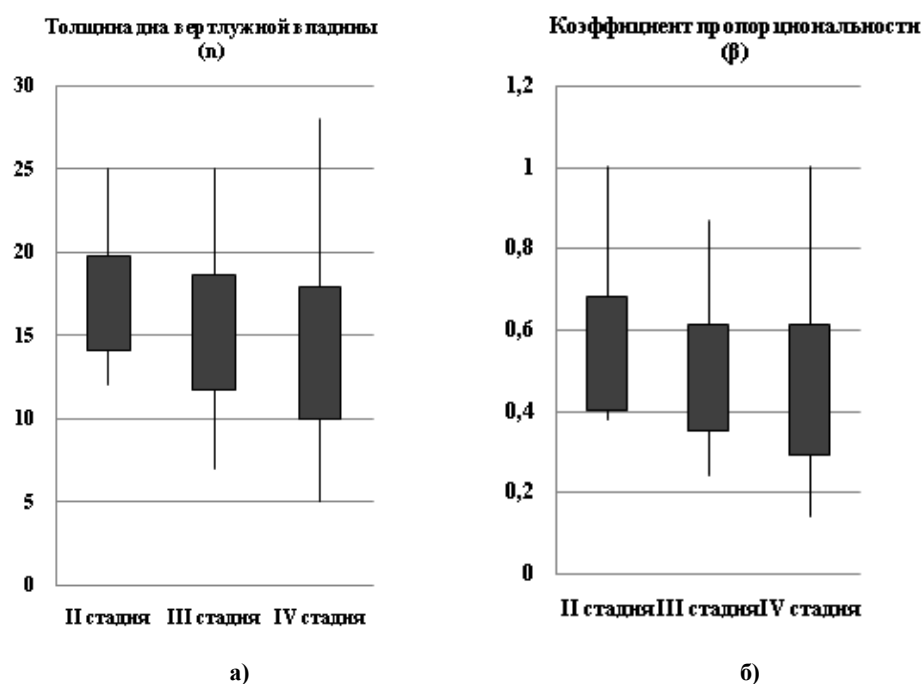


Рис 2. Рентгеноморфометрические показатели вертлужной впадины при АНГБК:

а) – толщина дна вертлужной впадины, мм

б) – коэффициент пропорциональности

При качественной оценке «шапки Наполеона» в каждом пораженном суставе оценивали наличие трабекулярных структур 1 порядка – горизонтальной дуги (А) и двух перекрещивающихся косовертикальных дуг (В и С), которые ограничивают в надвертлужной области образование, именуемое «шапкой Наполеона». Каждая

трабекулярная структура учитывалась в 2 случаях: когда она четко визуализировалась на всем протяжении в зоне своего расположения и при её парциальном отсутствии. Например, горизонтальная трабекулярная структура (А) визуализируется не на всем протяжении верхнего отдела вертлужной впадины (сурсила), то есть является короче него, но при этом имеет четкие границы и структурность, она считается наличествующей; косовертикальные трабекулярные дуги (В и С) визуализируются частично у основания «шапки» – начинаются от края дуги А, но «обрываются» не доходя точки перекреста и при этом имеют структурность – они засчитываются как существующие. Трабекулярная структура считалась отсутствующей тогда, когда она полностью не визуализировалась, либо при ее частичном наличии полностью отсутствовала структурность видимой части – оставшаяся часть дуги была размыта и больше угадывалась, чем визуализировалась.

Результаты проведенной оценки надвертлужной области тазобедренных суставов пациентов с АНГБК в зависимости от стадии развития патологического процесса представлены в табл. 3.

Таблица 3

Распределение наличия трабекулярных структур 1 порядка в надвертлужной области тазобедренного сустава при АНГБК по стадиям процесса

Стадии	Структуры вертлужной впадины						Всего исследовано суставов
	А		В		С		
	Абсолютное количество	%	Абсолютное количество	%	Абсолютное количество	%	
II	18	100	18	100	18	100	18
III	116	100	90	77,6	114	98,3	116
IV	78	38	109	53,2	169	82,4	205
Итого:							339

Была выявлена тенденция к исчезновению трабекулярных структур 1 порядка в надвертлужной области пораженного тазобедренного сустава при АНГБК с усугублением стадии заболевания. Самой стабильной структурной единицей «шапки Наполеона» оказалась медиальная косовертикальная дуга (С), которая в основном сохранялась даже при тяжелых деструктивных процессах, затрагивающих вертлужную впадину, при IV стадии АНГБК. Горизонтальная трабекулярная структура (А), в норме соответствующая сурсилу, во II и III стадиях остается всегда интактной и исчезает в 75% случаев при IV стадии заболевания. При этом латеральная косовертикальная трабекулярная структура (В) имеет тенденцию к пропорциональному исчезновению от стадии к стадии и при IV стадии сохраняются лишь в половине случаев. Отсутствие трабекулярных структур в надвертлужной области пораженного АНГБК тазобедренного сустава свидетельствует об изменении направления основных векторов нагрузки в результате нарушения формы головки бедренной кости. На ранних этапах нефизиологичность нагружения надвертлужной зоны приводит к перестройке трабекулярной системы в рамках физиологических процессов. Однако, несостоятельность несущей способности подвздошной кости в тандеме с быстрым изменением динамики биомеханической ситуации тазобедренного сустава запускает в последующем патологическую перестройку надвертлужной зоны. В результате изменяется картина трабекулярной структуры, наблюдаемая при IV стадии заболевания.

Таким образом, при поздних стадиях АНГБК нарушается способность надвертлужной зоны воспринимать нагрузки в физиологическом направлении. Это необходимо учитывать при выборе типа имплантируемого вертлужного компонента эндопротеза, так как замена пораженного сустава на искусственный аналог восстанавливает биомеханику движений в нем, приближая ее к физиологической, а стабильность и долговечность эксплуатации имплантата будет зависеть от равномерного распределения нагрузки на костные структуры вертлужной впадины.

**Выводы.** При сравнительном анализе полученных данных рентгеноморфометрических параметров вертлужной впадины при АНГБК выявлены следующие тенденции. Во II-й стадии АНГБК параметры вертлужной впадины и надвертлужной зоны близки к таковым здорового тазобедренного сустава – все трабекулярные структуры I порядка сохранены. При III стадии АНГБК при сохранении основных рентгеноантропометрических параметров, а также горизонтальной трабекулярной структуры (А), намечается тенденция к исчезновению косовертикальных структур В и С соответственно в 22,4% и 1,7% случаев.

При IV стадии АНГБК выявлены следующие виды деформации вертлужной впадины. Отмечается деструкция вертлужной впадины за счет верхних отделов (увеличение размера входа вертлужной впадины ( $d$ ) при сохранении ее глубины( $r$ ), а также толщины дна ( $n$ ) ( $\alpha < 0,4$ ;  $0,43 < \beta \leq 0,5$ )). При этом деструкция затрагивает в основном дно вертлужной впадины (при сохраненном размере входа ( $d$ ) истончается дно ( $n$ ) и пропорционально увеличивается глубина вертлужной впадины ( $r$ )  $\alpha > 0,5$ ;  $\beta < 0,35$ ). Деструкция происходит в обоих направлениях, наряду с разрушением верхних отделов и увеличением размера входа ( $d$ ) происходит разрушение дна с соответствующим увеличением глубины вертлужной впадины ( $r$ )  $0,4 < \alpha < 0,51$ ,  $\beta < 0,35$ . Помимо деструкции самой впадины глубокие изменения происходят и в надвертлужной области. При этом снижается высота «шапки Наполеона» ( $h < 24$  мм), уменьшается коэффициент соответствия ( $\gamma < 0,93$ ), в большинстве случаев отсутствует горизонтальная трабекулярная структура (А) (62%), снижается вероятность наличия латеральной дуги В (53,2%), и лишь медиальная косовертикальная дуга С сохраняет структурность в основной массе (82,4%).

Установленные закономерности формирования деформаций трабекулярной системы вертлужной впадины и изменения структуры костной ткани при развитии асептического некроза головки бедренной кости необходимо использовать при постановке задач математического моделирования вертлужной впадины и надвертлужной зоны для исследования поведения разных типов вертлужного компонента эндопротеза тазобедренного сустава.

### Библіографічні посилання

1. **Загородний Н. В.** Эндопротезирование тазобедренного сустава. Основы и практика: руководство / Н. В. Загородний. – М. – Медиа, 2011. – 704 с.
2. **Кулиш Н. И.** Реконструктивно-восстановительная хирургия тазобедренного сустава / И. И. Кулиш, В. Т. Михайлив, В. А. Танькут / – Л., 1990. – 136 с.
3. **Макушин В. М.** К вопросу о ранней диагностике асептического некроза головки бедренной кости у взрослых / В. М. Макушин, В. А. Сафонов, И. М. Данилевич // Гений ортопедии. – 2003. – № 1. – С. 125-129.

4. **Олейник А. Е.** Эндопротезирование тазобедренного сустава при деформациях и дефектах проксимального отдела бедренной кости и вертлужной впадины: дис. на соискание учен. степени доктора мед. наук / А. Е. Олейник. – Харьков, 2011. – 392 с.
5. **Соков А.П.** Курс травматологии и ортопедии / А. П. Соков. – М., 2007.
6. **Шумада И. В.** Лечение асептического некроза головки бедренной кости у взрослых: метод. рекомендации / И. В. Шумада, О. И. Рыбачук, В. И. Стецула. – К., 1983. – 16 с.
7. **Ai Z.** Logistic regression analysis of factors associated with avascular necrosis of the femoral head following femoral neck fractures in middle-aged and elderly patients / Z. Ai [et al.]. // J. Orthop. Sci. – 2007. – Vol. 12. – P. 331-338.
8. **Bassounas A. E.** Femoral head osteonecrosis: volumetric MRI assessment and outcome / A. E. Bassounas, A. H. Karantanas, D. I. Fotiadis // European Journal of Radiology. – 2007. – Vol 63. – P. 10-15.
9. **Bombelli R.** Structure and functional in normal and abnormal hip: how to rescue mechanically jeopardized hip / R. Bombelli. – Berlin, Heidelberg, New York: Springer-Verlag, 1993. – 221 p.
10. **Clarius M.** Long-term results of the threaded Mecron cup in primary total hip arthroplasty. A 15-20-year follow-up study / M. Clarius [et al.] // Inter. Orthop. (SICOT). – 2010. – Vol. 34. – P.1093-1098.
11. **Clarius M.** Long-term results of the threaded Weill cup in primary total hip arthroplasty. A 15-20-year follow-up study / M. Clarius [et al.] // Inter. Orthop. (SICOT). – 2010. – Vol. 34. – P. 943-948.
12. **Johansson H. R.** Osteonecrosis is not a predictor of poor outcomes in primary total hip arthroplasty: a systematic literature review / H. R. Johansson [et al.] // Inter. Orthop. (SICOT). – 2011. – Vol. 35. – P.465-473.
13. **Malizos K. N.** Osteonecrosis of the femoral head: etiology, imaging and treatment / K. N. Malizos [et al.] // Europ. J. Radiology. – 2007. – Vol. 63. – P. 16-28.
14. **Swamy G.** The bicontact cementless primary total hip arthroplasty: long-term results / G. Swamy, A. Pace, C. Cuah // Inter. Orthop. (SICOT). – 2012. – Vol. 36. – P.915-920.
15. **Zhang H.** Cementless total hip arthroplasty in Chinese patients with osteonecrosis of the femoral head / H. Zhang [et al.] // J. Arthroplasty. – 2008. – Vol.23., No.1

*Надійшла до редколегії 12.05.2014.*

**УДК 616.728.2-021.4-002.4-073.7-071.3:616.718.16**

**О. Є. Лоскутов**, д-р мед. наук, **О. Є. Олійник**, д-р мед. наук,  
**О. В. Алтанець**, **О. А. Ковбаса**

*ДЗ «Дніпропетровська медична академія МОЗ України»*

## **ТРАБЕКУЛЯРНО-МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ СУПРААЦЕТАБУЛЯРНОЇ ЗОНИ ТАЗА**

Проведено порівняльний рентгеноморфометричний аналіз формування деформації кульшової западини при асептичному некрозі головки стегнової кістки (АНГСК) на базі дослідження рентгенограм 339 кульшових суглобів хворих. Встановлені закономірності формування деформацій трабекулярної системи кульшової западини та зміни структури кісткової тканини в умовах прогресування асептичного некрозу головки стегнової кістки слід використовувати при постановці задач математичного моделювання кульшової западини та



супраацетабулярної зони для вивчення поведінки різних типів ацетабулярних компонентів ендопротеза кульшового суглоба.

**Ключові слова:** математичне моделювання, асептичний некроз головки стегнової кістки, рентген морфометрія, кульшова западина, супраацетабулярна зона.

UDC 616.728.2-021.4-002.4-073.7-071.3:616.718.16

**Loskutov Aleksandr**, MD (Trauma and Orthopedics),

**Olejnik Aleksandr**, MD (Trauma and Orthopedics),

**Altanec Aleksej, Kovbasa Elena**

*SE «Dnipropetrovsk medical academy of the Health Ministry of Ukraine»*

*Dnipropetrovsk, Ukraine*

## TRABECULAR AND MECHANICAL CHARACTERISTICS OF THE PELVIC SUPRAACETABULAR AREA

Mathematical modeling of the biomechanical processes is the base contemporal approach, that gives an opportunity to design new treatment options, and of the great value for optimization of the operation technique during femoral head aseptic necrosis. Studying of the dimensional and trabecular structure of the supraacetabular area is essential for adequate mathematical modeling of the pelvic area.

**Key words:** mathematical modeling, femoral head aseptic necrosis, roentgenmorphometry, acetabulum, supraacetabular area.

**Introduction.** Aseptic necrosis of the femoral head (FHAN) is one of the important sections of orthopedics and is 1,2–4,7% of all degenerative diseases of the hip. Total hip replacement is currently the most effective treatment option during FHAN. However, there is a fairly high rate of complications associated with the forming of the acetabular component instability. This is due to lack of knowledge and underestimation of structural-morphological and biomechanical changes of the acetabulum, which affect both the strength of the primary fixation of the endoprosthesis and its survivorship, as follows. Such a condition stipulates an urgent need for optimization of the surgical technique during FHAN.

Mathematical modeling of the biomechanical processes is the base contemporal approach, that gives an opportunity to design new treatment options, and of the great value for optimization of the operation technique during femoral head aseptic necrosis. Studying of the dimensional and trabecular structure of the supraacetabular area is essential for adequate mathematical modeling of the pelvic area.

The purpose was to conduct a comparative roentgen-morphometric analysis of the formation of acetabular deformation during FHAN in order to identify criteria for formulation the tasks of the mathematical modeling of the acetabular and supraacetabular areas.

**Materials and methods.** Evaluation of the acetabular conditions during FHAN based on a retrospective analysis of radiograms of 339 affected hips (251 patients, 193 (76.9%) men and 58 (23.1%) women, mean age –  $49,6 \pm 11,4$  years (20 to 78 years old)) performed in the anteroposterior plane. These radiographs were divided into 3 groups according the staging of FHAN: II stage – 18 radiographs; III stage – 116 radiographs; IV stage – 205 radiographs.

While considering the acetabular condition, the parameters were determined:  $\alpha$  – the index of the acetabular sphericity [1; 4] ( $\alpha = r/d$ , where  $r$  – the depth of the acetabulum,  $d$  – diameter of the acetabulum);  $\beta$  – the proportionality index ( $\beta = n/r$ , where  $n$  – the thickness of the acetabular bottom), which characterizes the degree of acetabular pro-

trusion;  $\gamma$  – the compliance index ( $\gamma = h/r$ , where  $h$  – height of the «Napoleon hat»), describes the load resistance ability of the supraacetabular area. The presence of main trabecular structures of the supraacetabular area were also determined (A, B, C).

**Results and discussion.** At FHAN stage II and III, index  $\alpha$  is close to normal ( $p < 0,05$ ). At IV stage of FHAN average  $\alpha$  is decreased at 10 % of normal ( $p < 0,05$ ), which indicates the destruction of the acetabulum. The destruction of the upper parts of the acetabulum occurred in 18%. It acquires a saucer and oval shape ( $\alpha < 0,4$ ) ( $p < 0,05$ ). Protrusion changes of the acetabular bottom registered in 16.4 % of cases ( $\alpha > 0,5$ ) ( $p < 0,05$ ). There were also defined a trend of gradual decrease  $n$  and  $\beta$  from FHAN stage II to IV.

Indices  $h$  and  $\gamma$  characterizing the state of the «Napoleon hat», do not differ from the norm at FHAN stage II and III. Consequently, supraacetabular area at FHAN stage II and III can provide adequately load resistance. Decreasing of  $h$  and  $\gamma$  indices was identified at FHAN stage IV. It means, that the destruction processes affect trabecular structures of the supraacetabular area at FHAN stage IV.

There were determined that the trabecular arc **C** is often present even at FHAN stage IV also. Structure **A** at stage II and III is always exists, but it disappears in 75% of cases at stage IV. Structure **B** gradually disappears from II to IV stage and is only saved in 50% of cases at stage IV.

**Conclusion.** Comparative analysis of the data revealed that parameters of the acetabular and supraacetabular area are close to the normal at FHAN stage II. Though roentgen-morphometric indices and horizontal trabecular structure **A** are present at FHAN stage III, there were identified trend of obliquely vertical structures **B** and **C** to disappear in 22.4 % and 1.7 % of cases respectively.

There is acetabular destruction due to upper parts and bottom thickness decreasing ( $\alpha < 0,4$ ;  $0,43 < \beta \leq 0,5$ ) at FHAN stage IV. Preferential acetabular bottom destruction is probable ( $\alpha > 0,5$ ;  $\beta < 0,35$ ). Destruction in both directions is also occurs ( $0,4 < \alpha < 0,51$ ;  $\beta < 0,35$ ). Additionally, there are changes in supraacetabular area –  $h < 24 \text{ mm}$ ,  $\gamma < 0,93$ ; horizontal trabecular structure **A** is often absent (62%); arc **B** occurs in 53,2%, and only arc **C** is saved in 82,4%.

The determined laws of formation of acetabular trabecular system deformation and bone structure changes during femoral head aseptic necrosis should be taken into consideration while formulating the tasks of the acetabular and supraacetabular areas' mathematical modeling in order to estimate the behavior of the different endoprosthesis' acetabular components.

## References

1. **Zagorodniy N. V.** Total hip replacement. Base and practice: manual. / N. V. Zagorodniy –M., 2011. – 704 p. (in Russian).
2. **Kulish N. I.** Reconstructive surgery of the hip joint // N. I. Kulish, V. T. Mihayliv, V. A. Tan'kut, – L'vov, 1990. – 136 p. (in Russian).
3. **Makushin V. M.** The issue of the early diagnosis of the femoral head aseptic necrosis in adults / V. M. Makushin, V. A. Saphonov, I. M. Danilevich // *Geniy ortopedii*. – 2003. – № 1. – P. 125–129 (in Russian).
4. **Oleynik A. E.** Total hip replacement during deformations and defects of the proximal femur and acetabulum: dis. med. doc. / A. E. Oleynik. –Har'kov, 2011. – 392 p. (in Russian).
5. **Sokov A. P.** Course of trauma and orthopaedics – M., 2007. (in Russian).
6. **Shumada I. V.** Treatment of femoral head aseptic necrosis in adults: methodical recommendations / I. V. Shumada, O. I. Rybachuk, V. I. Stetsula. – Kiev, 1983. – 16 h. (in Russian).

7. **Ai Z.** Logistic regression analysis of factors associated with avascular necrosis of the femoral head following femoral neck fractures in middle-aged and elderly patients / Z. Ai [et al.] // J. Orthop. Sci. – 2007. – Vol. 12. – P. 331–338.
8. **Bassounas A. E.** Femoral head osteonecrosis: volumetric MRI assessment and outcome / A. E. Bassounas, A. H. Karantanas, D. I. Fotiadis // European Journal of Radiology. – 2007. – Vol 63. – P. 10–15.
9. **Bombelli R.** Structure and functional in normal and abnormal hip: how to rescue mechanically jeopardized hip / R. Bombelli. – Berlin, Heidelberg, New York: Springer–Verlag, 1993. – 221 p.
10. **Clarius M.** Long-term results of the threaded Mecron cup in primary total hip arthroplasty. A 15–20-year follow-up study / M. Clarius [et al.] // Inter. Orthop. (SICOT). – 2010. – Vol. 34. – P. 1093–1098.
11. **Clarius M.** Long-term results of the threaded Weill cup in primary total hip arthroplasty. A 15–20-year follow-up study / M. Clarius [et al.] // Inter. Orthop. (SICOT). – 2010. – Vol. 34. – P. 943–948.
12. **Johansson H. R.** Osteonecrosis is not a predictor of poor outcomes in primary total hip arthroplasty: a systematic literature review / H.R. Johansson [et al.] // Inter. Orthop. (SICOT). – 2011. – Vol. 35. – P.465–473.
13. **Malizos K. N.** Osteonecrosis of the femoral head: etiology, imaging and treatment / K. N. Malizos [et al.] // Europ. J. Radiology. – 2007. – Vol. 63. – P. 16–28.
14. **Swamy G.** The bicontact cementless primary total hip arthroplasty: long-term results / G. Swamy, A. Pace, C. Cuah // Inter. Orthop. (SICOT). – 2012. – Vol. 36. – P.915–920.
15. **Zhang H.** Cementless total hip arthroplasty in Chinese patients with osteonecrosis of the femoral head / H. Zhang [et al.] // J. Arthroplasty. – 2008. – Vol. 23., No.1.